

# **STORIA DELLA TECNOLOGIA**

## **LEZIONE 12**

**Massimo Guarnieri  
Università di Padova  
a.a. 2020-21**

# 1618 - Germania

Inizia la Guerra dei Trent'Anni

- Devastazioni profonde e generalizzate
- Decadenza della Germania
- Emigrazioni di dotti e tecnici



# 1648 - Germania

## Pace di Westfalia

- fine della guerra dei trent'anni
- affermazione del principio: *Cuius regis eius religio*
- legittima i Principi a scegliere la religione del loro principato e l'autonomia stessa dei principati
- sostanziale sconfitta del papato
  - La rinascita culturale ed economica tedesca richiederà 200 anni



# ~1600-50 - Italia, Germania, Fiandre

## Sviluppi in Chimica

- **Giovanni Battista della Porta** (1535-1615)
  - Acido solforico (combustione dello zolfo)
- **Andreas Libau** (Libavio 1555-1616)
  - Acido cloridrico ed altri acidi forti
- **Jan Baptist van Helmont** (1579-1644)
  - Gas - gas silvestre (diossido di carbonio)
- **Johann Rudolph Glauber** (1604-1670)
  - Acidi, ammoniaca, fenolo, ...
  - Fornaci
    - Come altri dotti tedeschi scappa dalla Germania devastata dalla Guerra dei Trent'anni e ripara in Olanda

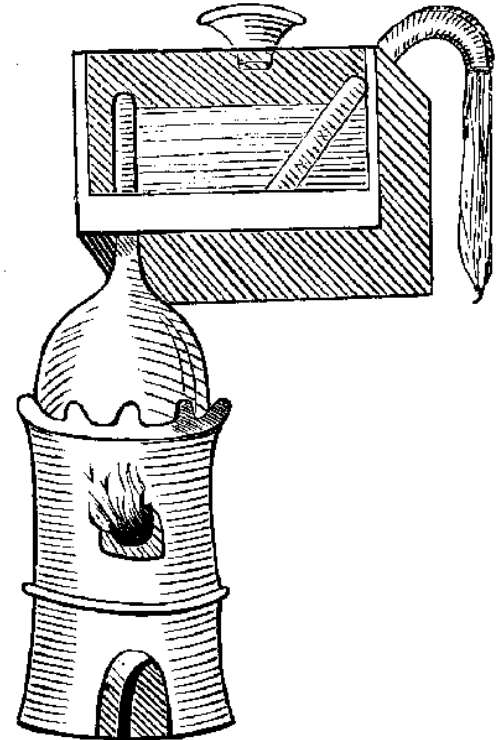


# 1606 - Italia

Fontane azionate a vapore

**Giovanni Battista della Porta (1535-1615)**

- Uso spettacolare del vapore
  - rinascita degli interessi per la pneumatica, 1500-1900 anni dopo l'epoca d'oro alessandrina (Erone, ...)
- Si interessa anche di chimica, ottica, ...
- Fondatore dell'Accademia Secretorum Naturae (1560)

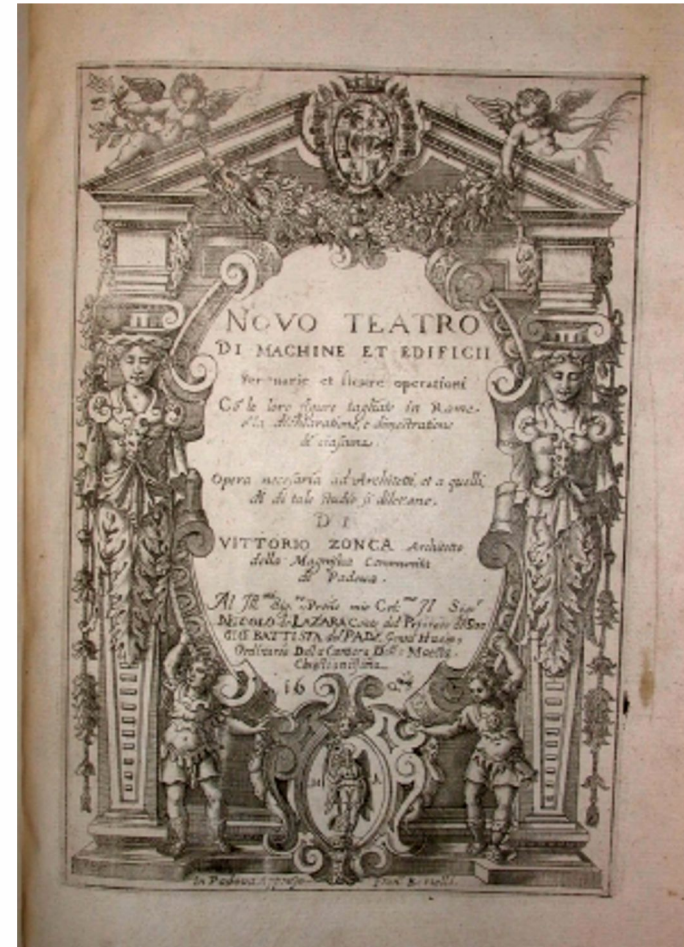


# 1607 – Italia (Venezia)

*Novo teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi, ...*

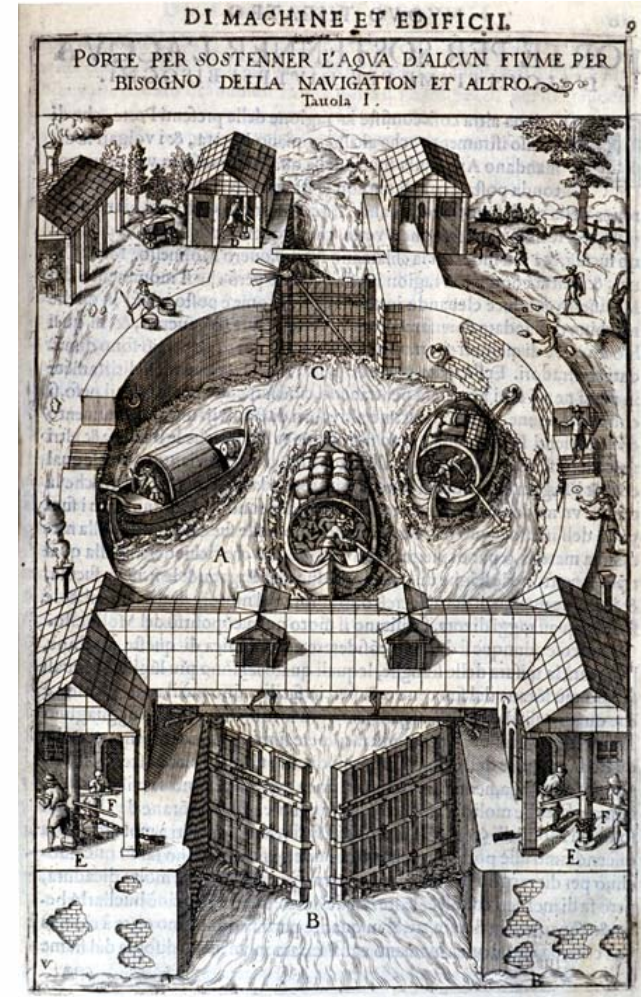
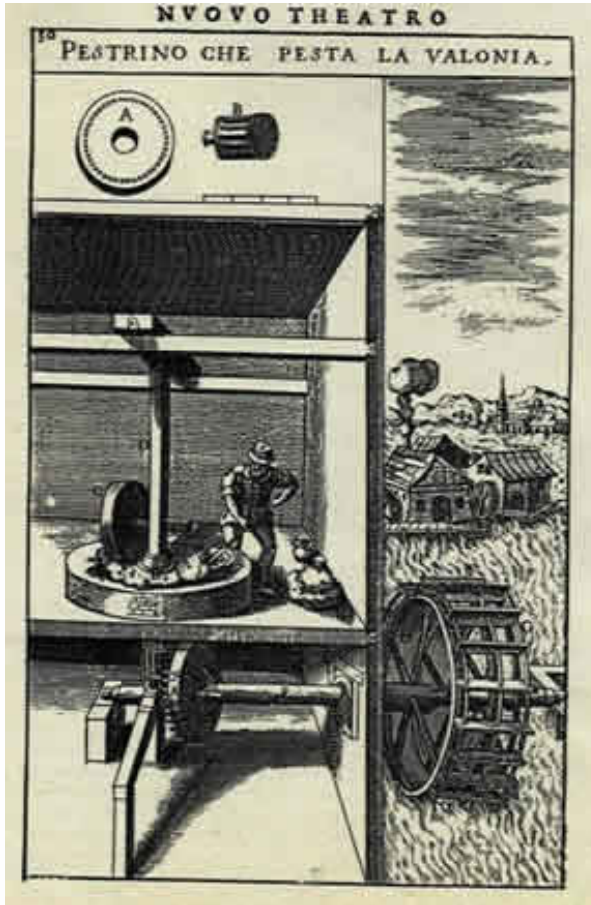
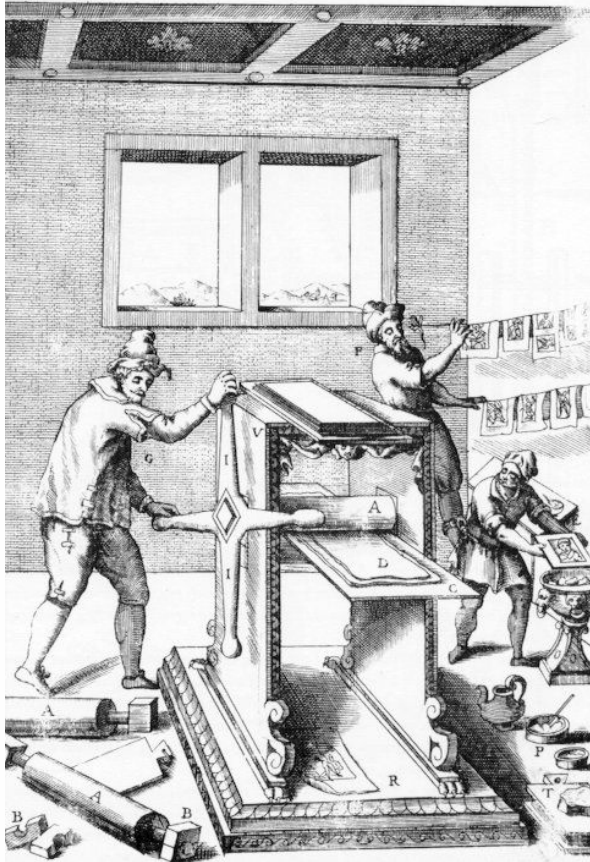
**Vittorio Zonca (1568-1602)**

- pubblicato postumo a Padova
- trattato di macchine idrauliche e meccaniche (mulini, macchine elevatrici, ...)
- Ideazione di:
  - assonometria (permette di rappresentare e misurare la terza dimensione)
  - scala metrica
  - vista esplosa



# 1607 - Zonca

TORCHIO PER STAMPAR I DISEGNI CON  
I RAMI INTAGLIATI



Conca sul Brenta

# 1616 – Dalmazia (Venezia)

Paracadute sperimentale

**Faust Vrancic** (Fausto Veranzio; 1551-1617)

studente a Padova

- nel trattato *Machinae novae*
  - anche macchine, ponti
  - sperimentato a Venezia nel 1617

Altri tentativi di volo del seicento (veri?):

1632: volo planato di **Hezarfen Ahmed Çelebi**  
con ali artificiali: plana da Istanbul attraverso  
il Bosforo per 3,5 km

1633: volo a razzo di **Lagari Hasan Çelebi**  
(fratello di Ahmed)

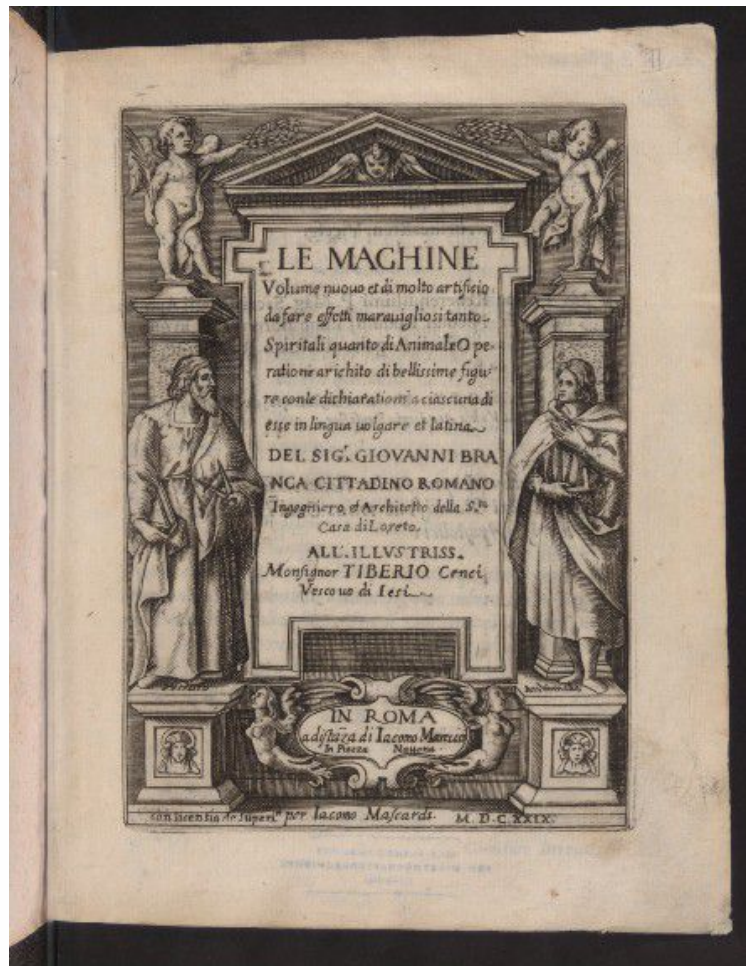
primo volo a propulsione artificiale, con razzo spinto da polvere da sparo e  
dotato di ali, da Istanbul ammara nel Bosforo (300 m, 20 s)





# 1629 - Italia

*Le Machine: volume nuovo et di molto artificio...*  
**Giovanni Branca (1571-1640)**

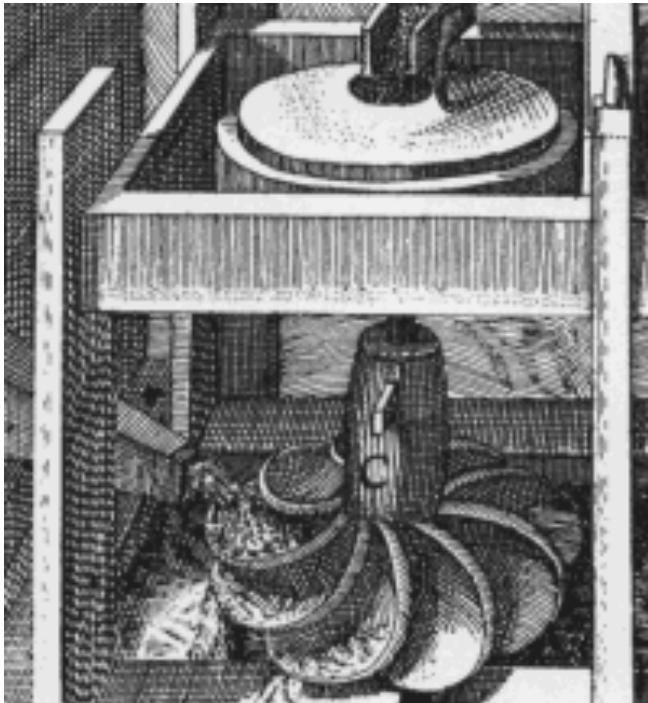


# 1629 - Italia

## Giovanni Branca (1571-1640)

### Proto-turbina idraulica (ruota con pale a cucchiaio)

- intuita da Leonardo (in una macchina per il moto perpetuo) e Ramelli, già considerata da Besson
  - e ....



Museo della scienza e della tecnologia - Milano



# 1629 - Italia

## Giovanni Branca (1571-1640)

...

- turbina a getto di vapore
  - ~1500 anni dopo l'eolipila di Erone
  - conversione in energia meccanica

Precedente:

- 1551: turbina a vapore per muovere uno spiedo
- **Taqi al-Din Muhammad ibn Ma'ruf al-Shami al-Asadi** (1526-1585)
- scienziato e ingegnere turco
- Descritta in: *Al-Turuq al-saniyya fi al-alat al-ruhaniyya*



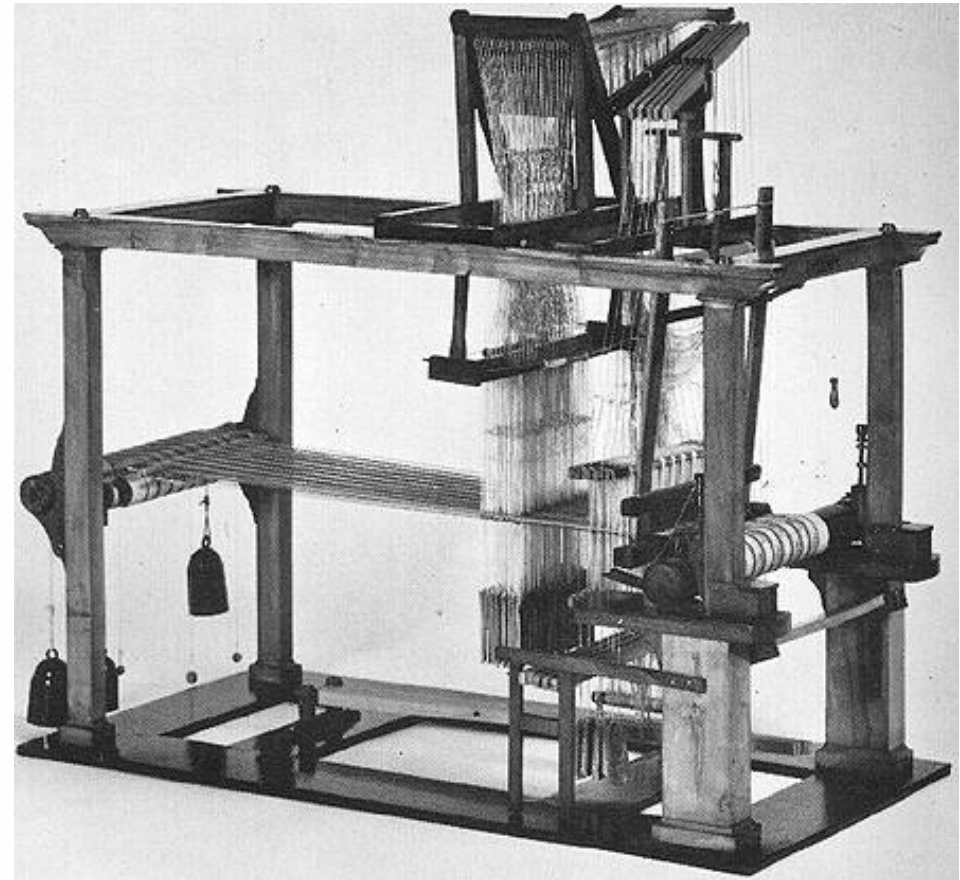
# 1620 - Francia

Lione

**Claude Dagon**

telaio migliorato per tessuti  
disegnati

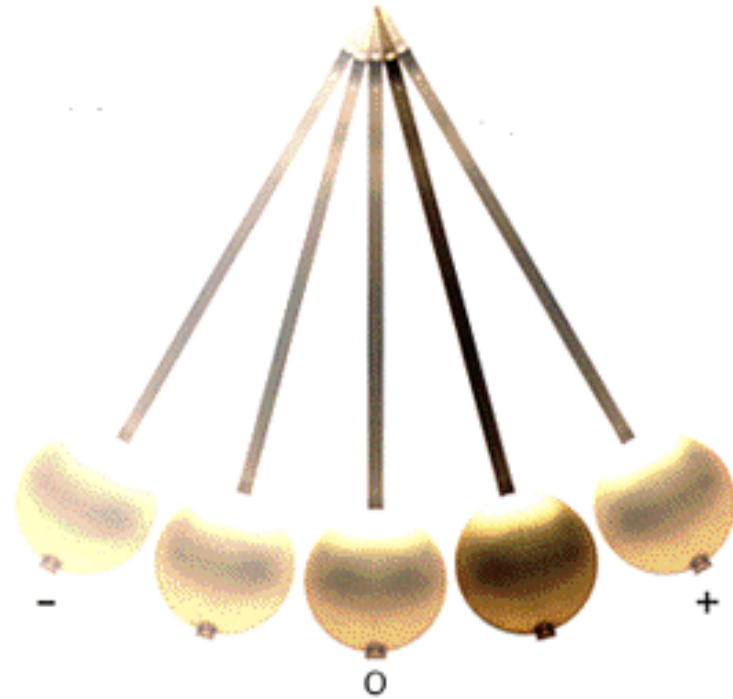
- erede dei progressi verificatisi in Francia dal 1470, 1524, ...
- volti alla realizzazione di tessuti sofisticati e costosi



# 1582 - Italia

## Galileo Galilei (1564-1642)

1582: principio dell'isocronismo delle oscillazioni del pendolo  
(in realtà è vero con buona approssimazione solo se sono piccole)



# 1592-1610 - Padova

## Galileo Galilei (1564-1642)

Nascita dell'indagine scientifica moderna - metodo scientifico-sperimentale

1592-1610 periodo padovano, insegnamento di Fortificazioni e Geometria, "li migliori 18 anni ..."

- afferma il primato delle osservazioni sperimentali e delle misurazioni precise sui principi metafisici e sulla logica formale
- scienziato moderno, ma anche tecnico e costruttore di strumenti di misura, da usare nella meccanica sperimentale



# 1592-1610 - Padova

## Galileo Galilei (1564-1642)

Costruttore di strumenti:

- ~1595: compasso geometrico e militare  
("setto" = tipo di regolo calcolatore)
- per calcolare la gittata delle artiglierie, ...

1593: termoscopio ad acqua

- primo in Occidentale, dopo quelli arabi

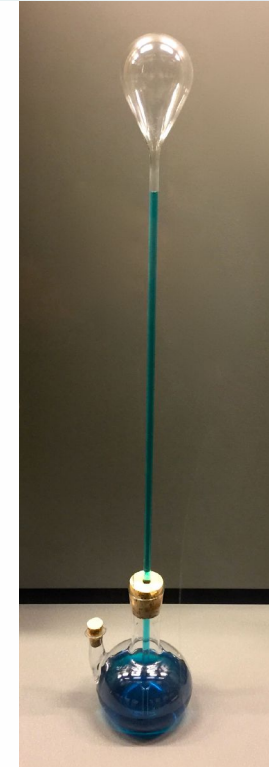
1612: Santorio Santorio aggiunge la scala graduata  
e ottiene un vero termometro

- cronometro ad acqua
- per intervalli di tempo brevi

...

compasso geometrico e militare  
e termoscopio

la nuova scienza non può fare a meno della tecnica



# 1592-1610 - Padova

## Galileo Galilei (1564-1642)

1594: brevetto di macchina idraulica

- capace di sollevare le acque
- per la Repubblica Serenissima

1636: “Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze”

- primo libro sulla scienza dei materiali e delle strutture
- scritto clandestinamente ad Arcetri, dopo la condanna e l’abiura del 1633





# 1609 - Padova

**Galileo Galilei (1564-1642)**

Telescopio



- inizio dell'osservazione astronomica moderna
- rivoluziona l'indagine astronomica:  
non più solo strumenti meccanici

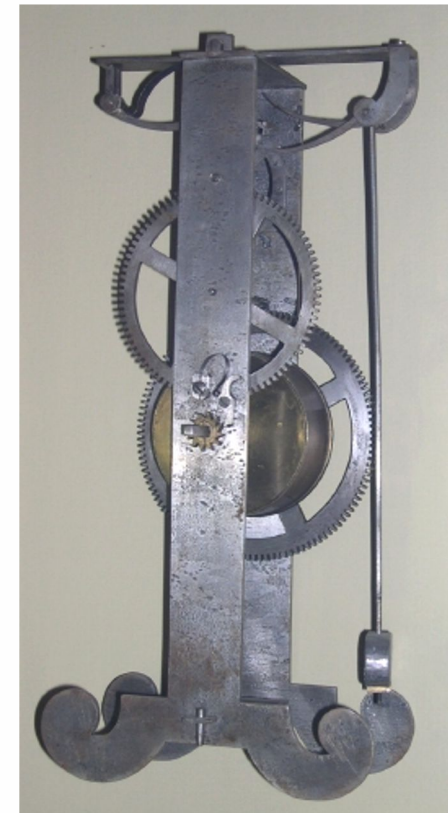
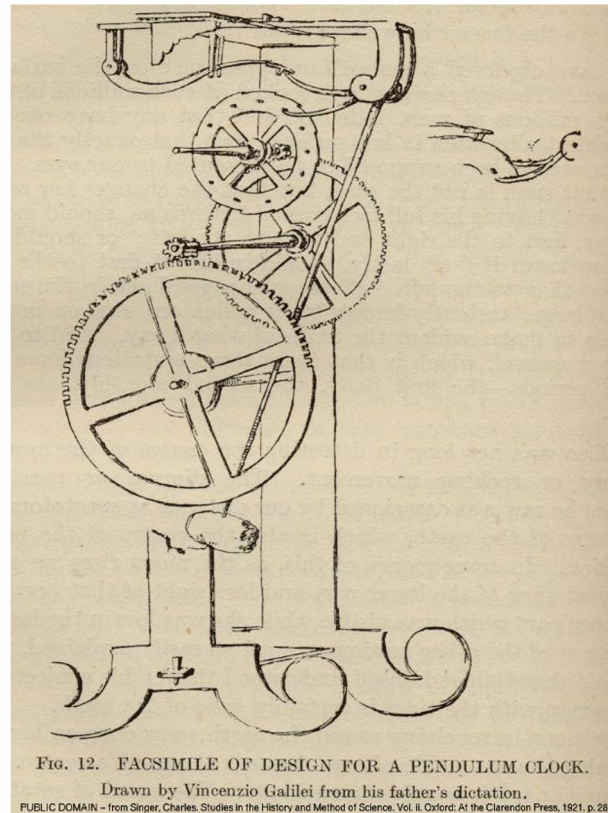
# 1641 - Italia

## Galileo Galilei (1564-1642)

### 1641: Orologio a pendolo

- Combina isocronismo del pendolo con scappamento a pioli (molto avanzato e preciso)

- Oramai cieco, istruisce il figlio Vincenzo su come costruirlo
- ma anche Vincenzo muore nel 1647 senza finire il lavoro



Museo della Scienza e della Tecnologia – Milano

# ~1600 - Europa

## RIVOLUZIONE SCIENTIFICA

Ricerca sperimentale, deduzione di leggi fisiche esprimibili in forma matematica, ricerca delle leggi matematiche che regolano i fenomeni fisici, uso di strumentazione e tecnologia per raggiungere questi obiettivi

### **Francis Bacon (1561-1626)**

- fondatore dell'empirismo inglese, padre della scienza moderna

### **Galileo Galilei (1564-1642)**

- ideatore del metodo scientifico moderno

### **Renè Descartes (Cartesio, 1596-1650)**

- fondatore del razionalismo, della matematica e filosofia moderne, sostiene che tutto l'universo ha fondamento matematico

### **Christian Huygens (1629-1695)**

- ....

# ~1600 - Europa

## INCONTRO TRA SCIENZA E TECNICA

- Rifiuto dei dogmi degli antichi ed orgogliosa consapevolezza della superiorità dei nuovi metodi
- Definitiva rivalutazione della tecnica e sua profonda incidenza sulle nozioni di scienza, natura e filosofia
- Concezione della scienza come processo cognitivo in continua e perenne evoluzione
- Conoscenza necessariamente collegiale, partecipativa, ove i contributi di ciascuno sono necessariamente parziali ed intermedi
- Lo sviluppo ed il progresso della conoscenza sono fini più importanti delle singole persone che le perseguono
- Il nuovo valore che scienza e tecnica forniscono non sta nei singoli risultati, ma nello sforzo sistematico portato avanti da un gran numero di persone attraverso le generazioni, compiendo osservazioni quantitative, misurabili e ripetibili anche quando l'autore è scomparso
- Esigenza di definire istituzioni preposte alla promozione di tale collaborazione

**SONO PRINCIPI RIVOLUZIONARI E SPECIFICAMENTE EUROPEI**

# Accademie scientifiche

Ispirate alle accademie classiche e umanistiche, nascono anzitutto in Italia

1560 - Napoli: *Accademia Secretorum Naturae* (sciolta 1579 da Paolo V sotto il sospetto di stregoneria)

1603 - Roma: *Accademia dei Lincei* (sciolta nel 1630)

1657 - Firenze: *Accademia del Cimento* (sciolta nel 1665)

...

# Accademie scientifiche

Diffondono poi in Europa, divenendo per secoli depositarie del sapere scientifico e tecnico

1660 - Londra: *Royal Society*

- inizialmente cenacolo di amici amanti della scienza: Hooke e Wern, Wilkins, ...
- sostenuta da Carlo II nel 1662

1666 - Parigi: Académie Royale des Sciences

- sostenuta da Luigi XIV (Académie des Sciences dal 1795)

1700 - Berlino: Kurfürstlich-Brandenburgische Societät der Wissenschaften

- trasformatasi in Königliche Akademie der Wissenschaften nel 1744 col sostegno di Federico II il Grande

1724 Accademia delle Scienze di San Pietroburgo

- Fondata e sostenuta da Pietro il Grande

1739 - *Reale Accademia Svedese delle Scienze (Kungliga Vetenskapsakademien)*

# Accademie scientifiche

- Unici veri centri di confronto e diffusione del sapere scientifico e tecnico
  - Organi della nuova cultura tecnico-scientifica fino all'avvento delle università tecniche (~1800)
- Sono l'espressione di un nuovo modo di indirizzare scienza e tecnica, derivante da due principi completamente nuovi:

**PUBBLICITA' DEI RISULTATI**

**COLLABORAZIONE INTELLETTUALE TRA I RICERCATORI**

# 1665 - Inghilterra

Prima rivista scientifica e tecnica

## *Philosophical Transactions*

- mensile della Royal Society (fondata nel 1660)
- con la finalità istituzionale di fare sì che: “... i ricercatori siano invitati ed incoraggiati a cercare, sperimentare, ... a trasmettere reciprocamente le loro conoscenze e contribuire ... al grande fine di fare progredire la scienza della natura...”
- diverrà una delle più grandi raccolte di atti scientifici del mondo

Altre riviste scientifiche:

~1670 - Francia: *Journal des Sçavans*

1684 - Germania: *Acta Eruditorum*



# 1614 - Svizzera-Scozia

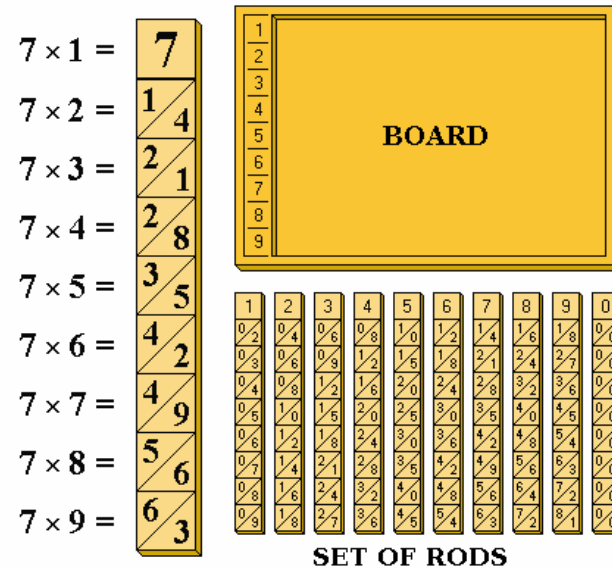
Invenzione dei logaritmi

**Jost Bürgi** (1552-1632) e

**Lord John Napier** (Nepero 1550-1617)

barone di Merchiston

1617: bastoncini di Nepero,  
per eseguire prodotti e divisioni

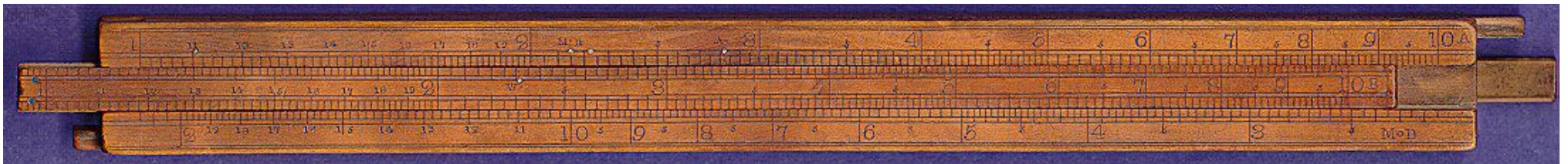


# 1622 - Inghilterra

Regolo calcolatore logaritmico

**William Oughtred (1574-1660) e  
Edmund Wingate**

- Permette di eseguire rapidamente le operazioni algebriche
- Sostituisce il compasso (come quello di Galileo)



- Tecnicamente molto più semplice delle macchine calcolatrici, per 350 anni strumento fondamentale di scienziati e tecnici

# 1624 - Germania

## *Orologio Calcolatore*

prima calcolatrice meccanica

**Wilhelm Schickard** (1592-1635)

- amico di Kepler
- 4 operazioni algebriche
- moltiplicazioni e divisioni col metodo dei bastoncini di Nepero
  - tecnica orologiaia
  - utilizzata nei calcoli astronomici di Kepler
  - distrutta nella Guerra dei Trent'Anni
  - e poi dimenticata per secoli



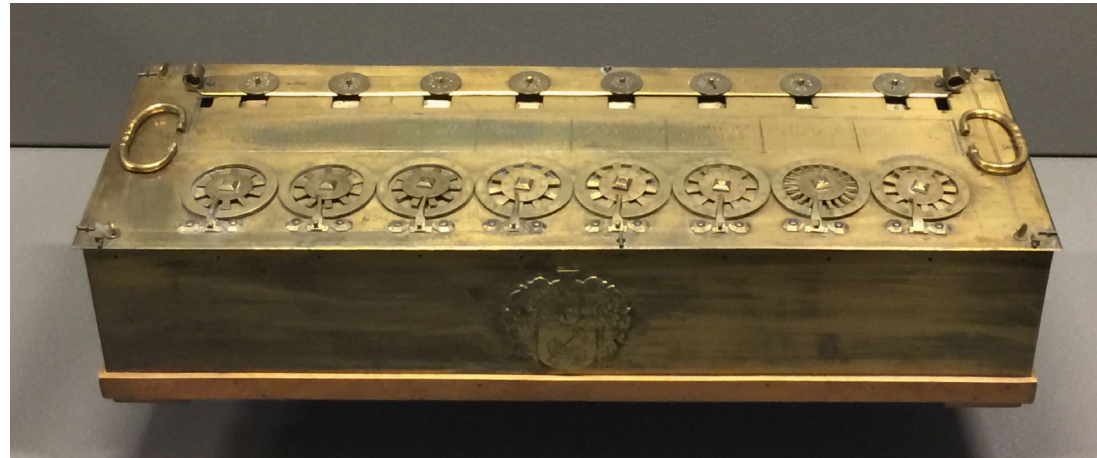
Replica - Deutsches Museum - Monaco

# 1642 - Francia

Addizionatrice – *pascalina*

**Blaise Pascal (1623-1662)**

- filosofo e matematico
- esegue somme e sottrazioni
- pensata per le esigenze contabili del padre
  - Invenzione indipendente da quella di Schickard



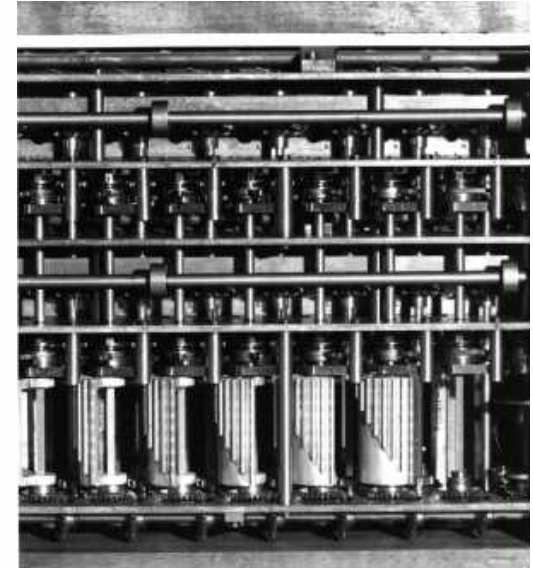
Musée des Arts et Métiers - Parigi

# 1671 - Germania

## Moltiplicatrice

**Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)**

- filosofo e matematico
- esegue somme, sottrazioni, moltiplicazioni e divisioni
- grazie al traspositore (ruote a gradini)



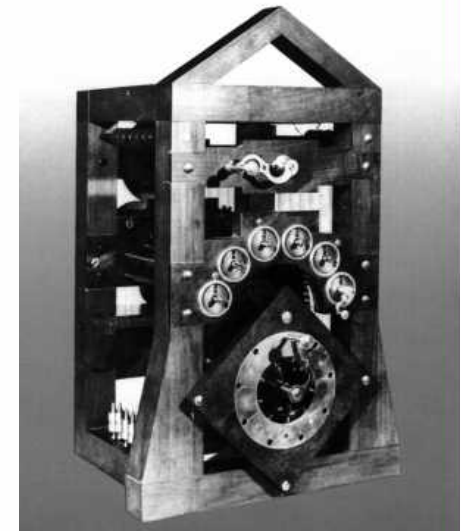
Invenzione indipendente:

1709: “macchina aritmetica”

**Giovanni Poleni (1683-1761, PD)**

- calcolatrice meccanica che esegue le 4 operazioni
- con traspositore diverso da quello di Leibniz

1743: Studia anche il consolidamento della cupola di San Pietro in Vaticano che da segni di cedimento

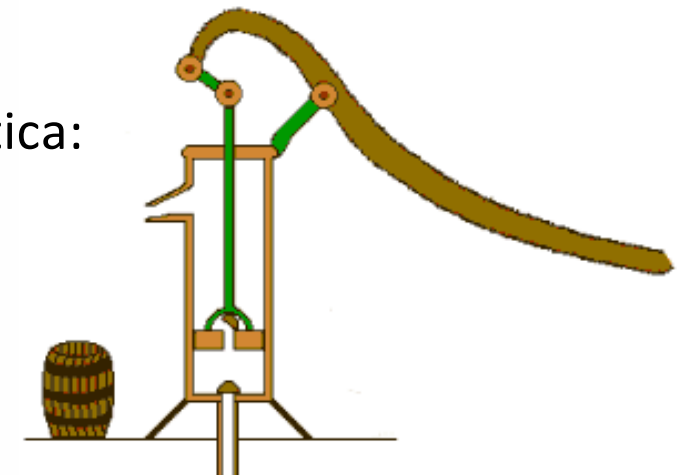
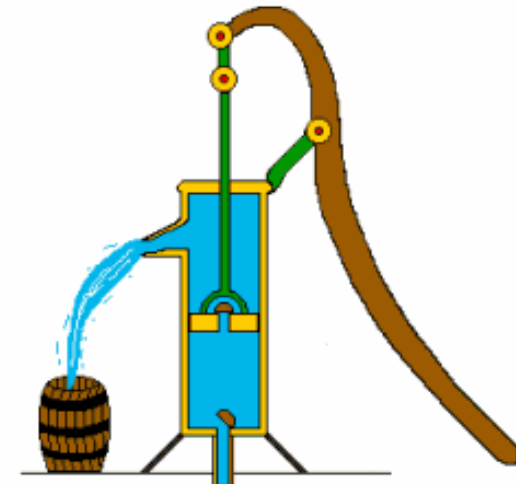


# ~1640-50 - Europa

Interessi per l'idraulica, attenzione tipica rinascimentale

Pompe aspiranti e prementi:

- prime macchine metalliche (per applicazioni di potenza)
  - iniziano a sostituire quelle lignee
  - sviluppi resi possibili dalla metallurgia\*
  - e dai progressi nella precisione di lavorazione dei metalli, indotti dalla tecnica orologiaia
- Nascono nuovi interessi per pressione e pneumatica:
- perché la pompa non funziona quando il pozzo è profondo?



\* n.b.: 1900 anni prima i tecnici ellenistici costruivano pompe ideate da Ctesibio e Filone altrettanto efficienti

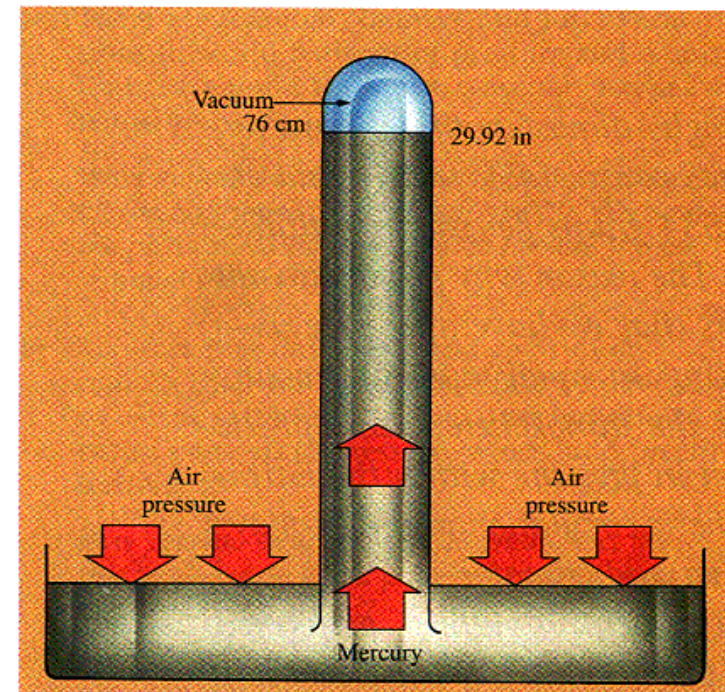
# 1644 - Italia

## Barometro

### Evangelista Torricelli (1608-1647)

inventato nel corso di un esperimento per pesare l'aria

- che comportano anche:
- riconoscimento dell'esistenza del vuoto
- negazione del millenario principio aristotelico del *horror vacui*
  - si accorge che l'altezza della colonna di mercurio varia leggermente al variare delle condizioni atmosferiche
- Stimola gli interessi per atmosfera, pressione e fenomeni pneumatici (in tutta Europa)



ed esempio, se ne occupa molto Pascal dal 1646

# 1650 - Germania

Pompa da vuoto

**Otto von Guericke (1602-1686)**

- applica le conoscenze tecniche e meccaniche tedesche nelle ricerche scientifiche emergenti
- Prime applicazioni di vuoto e pressione
- dimostrazione che anche l'aria può sviluppare forze ed azioni meccaniche



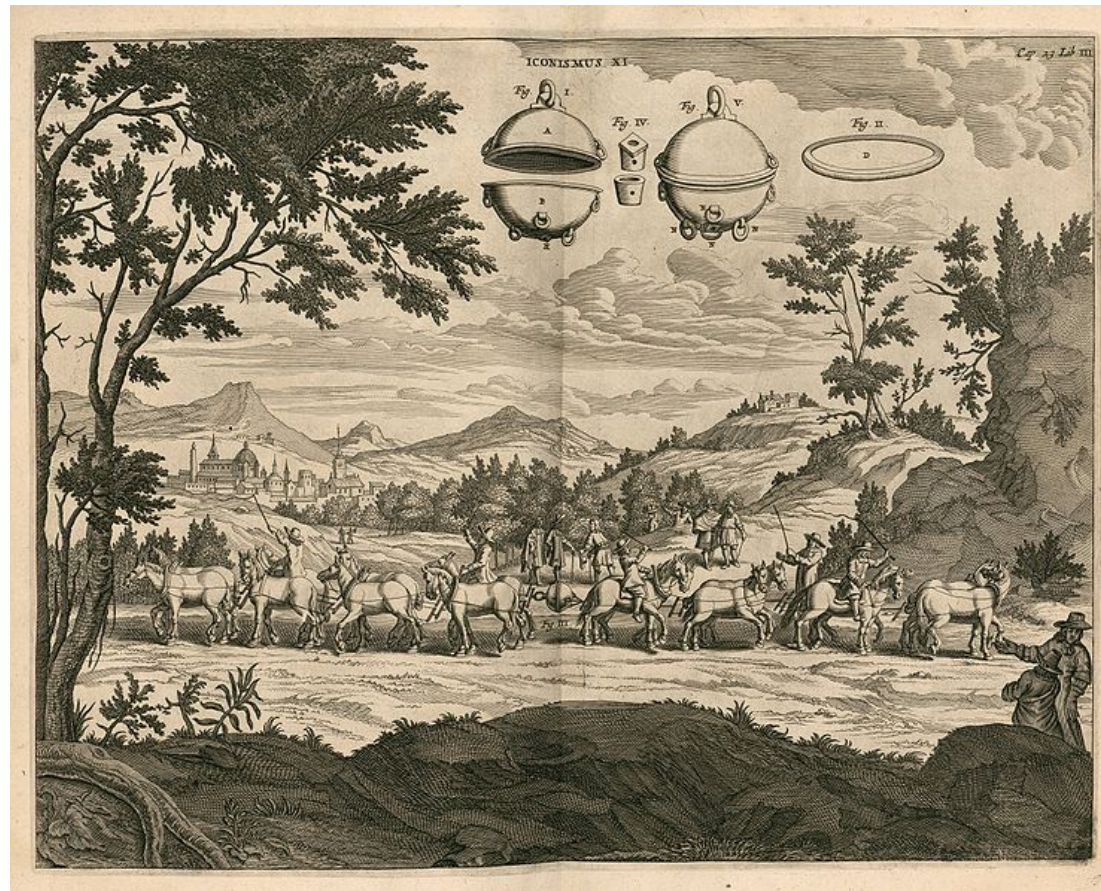


# 1650 - Germania

Esperimento di Magdeburgo

**Otto von Guericke (1602-1686)**

Il vuoto creato con la pompa in una camera formata da due emisfere resiste al tiro di 16 cavalli

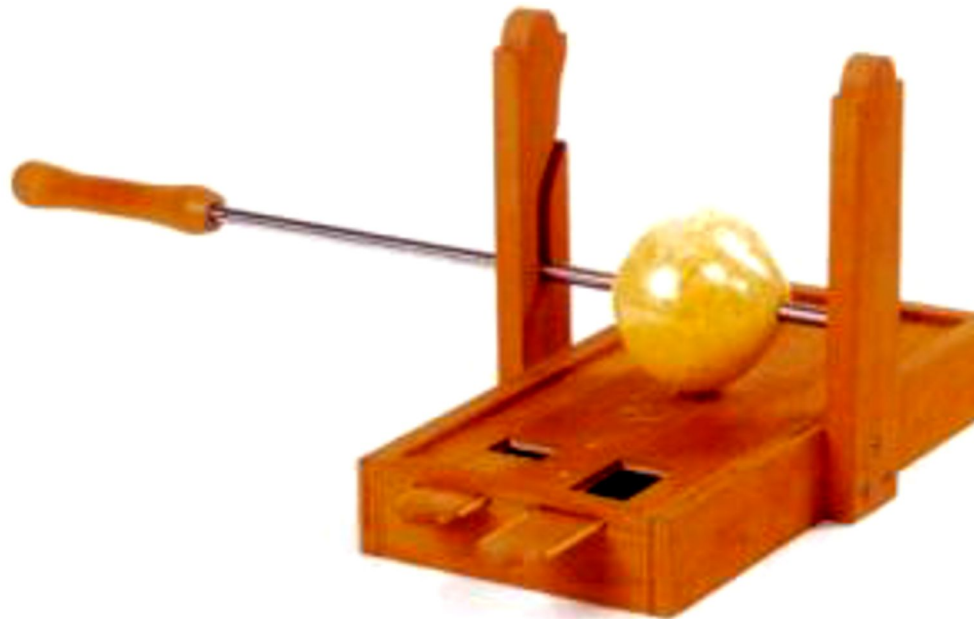


# 1663 - Germania

Macchina elettrostatica

**Otto von Guericke (1602-1686)**

- Prima macchina elettrica, molto semplice
- Sfera di zolfo strofinata con le mani
- Nascita dell'elettrostatica (sperimentazione sistematica, senza sviluppi tecnico-applicativi)



# 1643 - Francia

## Incoronazione di **Luigi XIV**

- Massima monarchia di diritto divino
- Apogeo dell'assolutismo in Francia
- Forte controllo centrale della stato sulle attività, anche quelle economiche e produttive
  
- Freno allo sviluppo tecnico-economico spontaneo

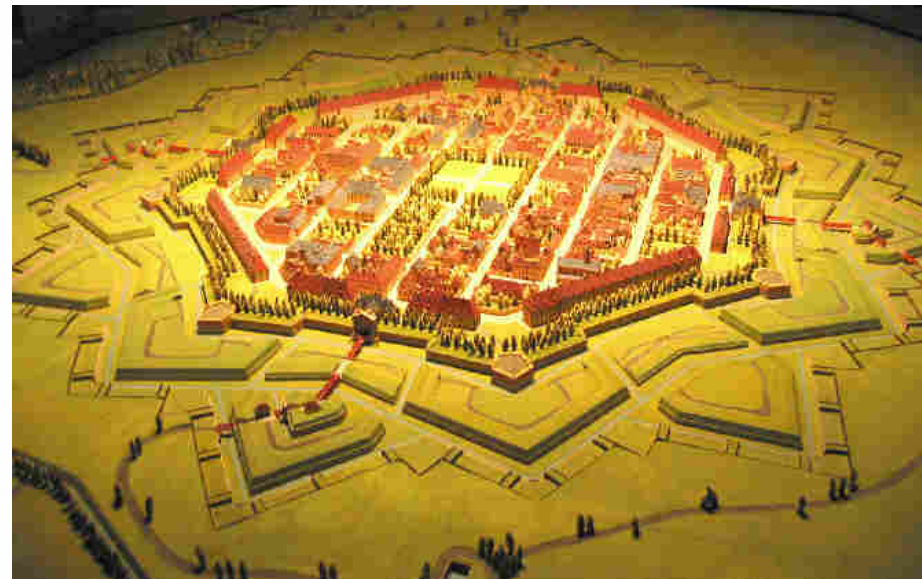


# 1660 - Francia

Fortificazioni poligonali

## Sébastien le Prestre de Vauban (1633-1707)

- Rivoluzione nell'edilizia militare indotta dalle armi da fuoco (bombarde) da difesa e da attacco
- Precedenti in Italia (Francesco di Giorgio Martini, Lorini, Palmanova, 1593)
- Sviluppo dell'ingegneria militare, preludio dell'ingegneria civile moderna (della quale si occupa Vauban stesso).  
Ingegneria statale, pianificata e guidata in modo centralizzato nella Francia del Re Sole



# 1661-70 Francia e Inghilterra

Diffusione della scuola vetraia veneziana:

1661 - Francia:

- maestri vetrai attirati in Francia da **Colbert** (1619-1683), grande ministro di Luigi XIV

1672: proibizione dell'importazione dei costosissimi specchi veneziani, impulso alle produzioni francesi

1678: così si producono i vetri e specchi installati nella Galleria degli Specchi della Reggia di Versailles

1670 - Inghilterra:

- Diffusione analoga delle tecniche vetraie ad opera di maestranze veneziane, invitate dal duca di **Buckingham**
  - Introduzione di nuovi "cristalli" al potassio

# 1688 - Francia

## Grandi lastre di vetro – specchi

### Lucas de Nehou a Saint-Gobain

- Maestro vetraio normanno, nuova tecnica di produzione del vetro in lastre – si possono ottenere dimensioni prima sconosciute
- Il primato veneziano nel mercato europeo degli specchi è fortemente compromesso



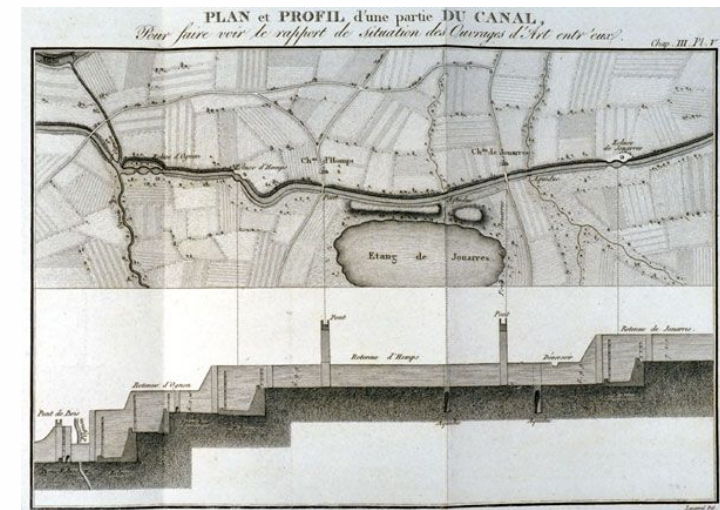
# 1681 Francia

Ingegneria civile statale - *Canal du Midi*

**Pier Paul Riquet** (1604-1680)

sostenuto dal ministro **Colbert**

- Canale in quota pensato per unire Atlantico e Mediterraneo
- Si estende da Tolosa al Mediterraneo
- Lungo  $51,5+5+185=241$  km allo spartiacque
- Dislivelli di 63 e 189 metri, con  $26+74=100$  conche
- Completato fino all'Atlantico nel XIX sec.
  - Già pensato in epoca romana, poi suggerito da Leonardo a Francesco I nel 1516



# 1685 - Francia

Editto di Fontainebleau (revoca dell'editto di Nantes)

Ripresa delle persecuzioni religiose, disposizioni repressive verso gli ugonotti

- Esodo di 300.000 ugonotti: anche artigiani, tecnici, ...
- verso i paesi nordeuropei (Inghilterra, Svezia, Olanda...)
  - Nicholas Lémery (1645-1715), massimo chimico dell'epoca è costretto ad interrompere il lavoro, il suo laboratorio è distrutto
  - Jean Théophile Desaguliers (1683-1744), uno dei massimi fisici dell'epoca, ripara in Inghilterra e vi rimane per il resto della vita
  - Abraham De Moivre (1667-1754), matematico
  - Denis Papin (1647-1714), fisico ed ingegnere





# 1649 - Inghilterra

Rivoluzione di  
**Oliver Cromwell** (1599-1658)

nel quadro degli scontri tra monarchia  
e Parlamento

Esecuzione di Carlo I

- Evento inaudito: infrange il secolare fondamento del diritto divino della corona
- apre il panorama politico inglese a sviluppi rivoluzionari in politica, economia, ma anche in scienza e tecnica



# 1660 - Inghilterra

Restaurazione e ascesa al trono di  
**Carlo II (1630 - 1685)**

Figlio di Carlo I

- potere contrastato, scontri col parlamento
- ma ...

promozione di arti e scienze:

1662: sostegno ufficiale della Royal Society

1663: sostegno alla diffusione delle macchine per produzioni industriali

1666: ricostruzione di Londra dopo il grande incendio, con visione urbanistica moderna, affidando la direzione a due scienziati: Hooke e Wren

1676: istituzione dell'osservatorio reale di Greenwich



# 1648 - Inghilterra

## Turbina a vapore

### John Wilkins (1614-1672)

- Religioso e scienziato
- Uno dei fondatori della Royal Society (con Hooke e Wern)
  
- Propone anche:
  - un sistema metrico decimale universale
  - un linguaggio universale
  - una teologia naturale compatibile con la scienza

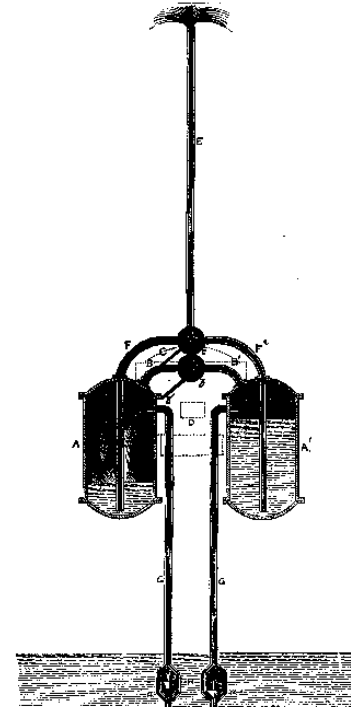
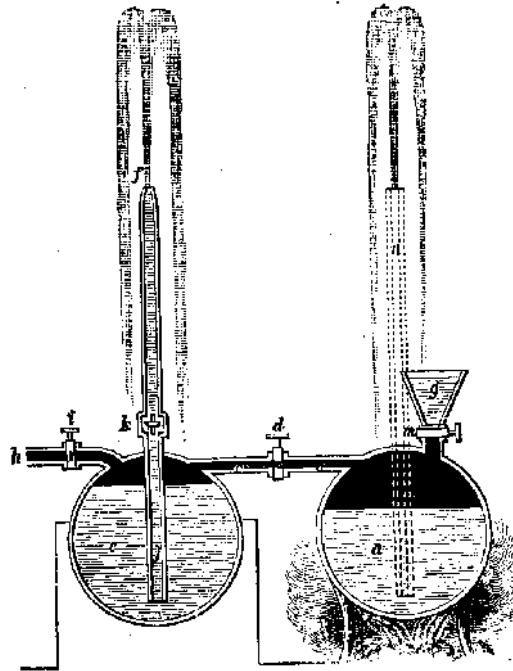


# 1664-5 - Inghilterra

Fontane e pompe azionate a vapore

**Edward Somerset** marchese di Worcester (1601-1667)

- senza diffusione
- secondo inglese ad interessarsi di vapore dopo Wilkins
- funzionamento analogo a quella della fontana di della Porta



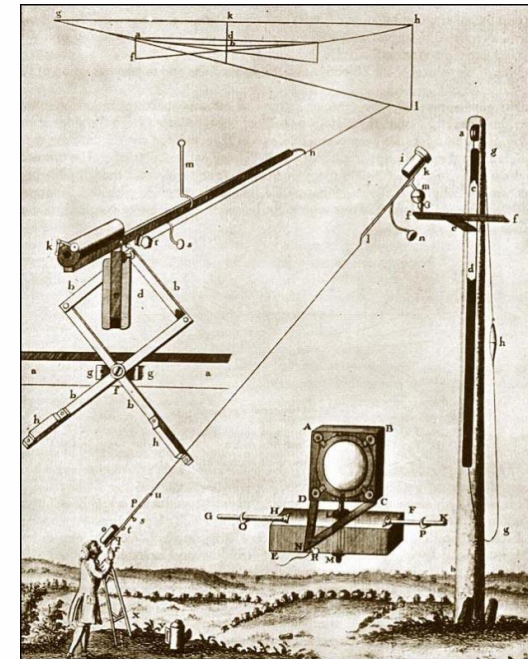
# 1656 - Olanda

**Christiaan Huygens (1629-1695)**

Matematico, fisico e astronomo

Spinto dall'interesse per osservazioni scientifiche e astronomiche produce

- Tecniche di molatura di lenti
- Telescopi
- Microscopi
  
- Affronta problemi di misurazioni precise del tempo → esigenza di orologi di precisione → .....



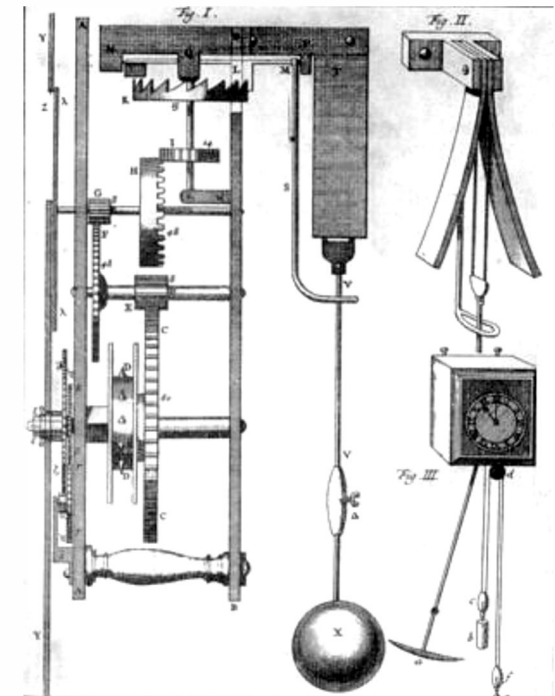
# 1656 - Olanda

Orologio a pendolo

**Christiaan Huygens** (1629-1695)

Matematico, fisico e astronomo

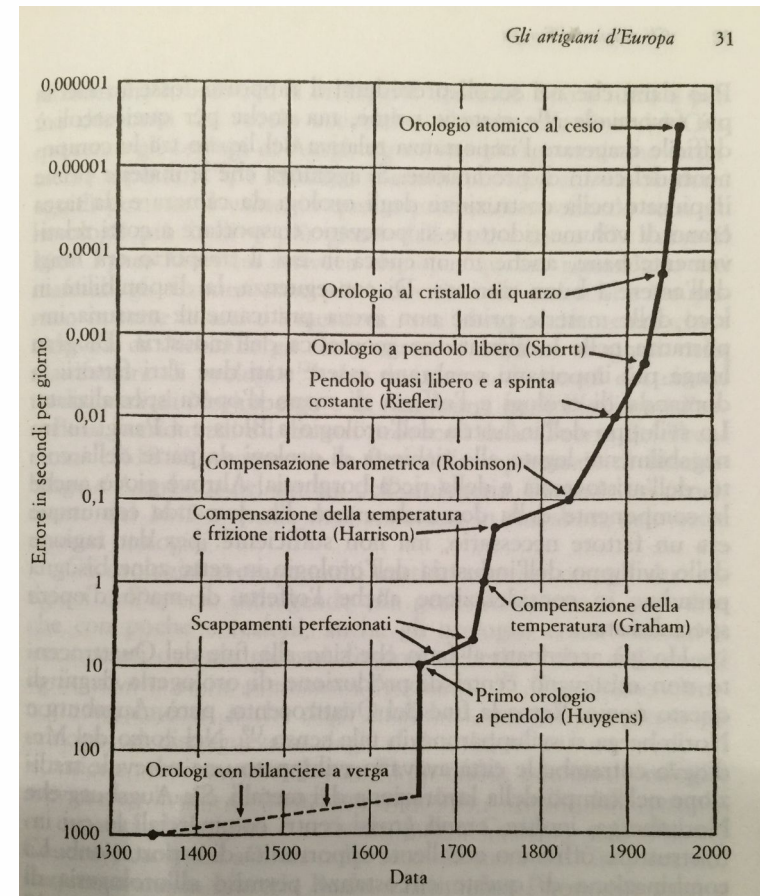
- indagine scientifica: riconosce che le oscillazioni sono quasi isocrone solo se piccole
- progettato scientificamente: calcola la lunghezza del pendolo (pari a 99,38 cm) che garantisce un periodo di oscillazione di 1 secondo
- con scappamento evoluto (meno sofisticato di quello concepito da Galileo)
- Raggiunge una precisione dieci volte migliore di quella degli orologi tradizionali
- Usato anche per cercare di determinare la longitudine in mare, ma con scarso successo



# Orologi meccanici precisi

Testimoniano l'esigenza (manifestatasi nel secolo precedente) di cambiare la concezione del tempo, in passato inteso come tempo definito dal ciclo solare e privo di misurazione oggettiva

- Dalla vecchia concezione, tipica della cultura contadina, qualitativa, valutabile guardando il cielo (sole, luna, ...)
- A quella nuova, tipicamente urbana (e poi industriale), quantitativa di entità misurabile in modo oggettivo con orologi precisi



# 1671 - Inghilterra

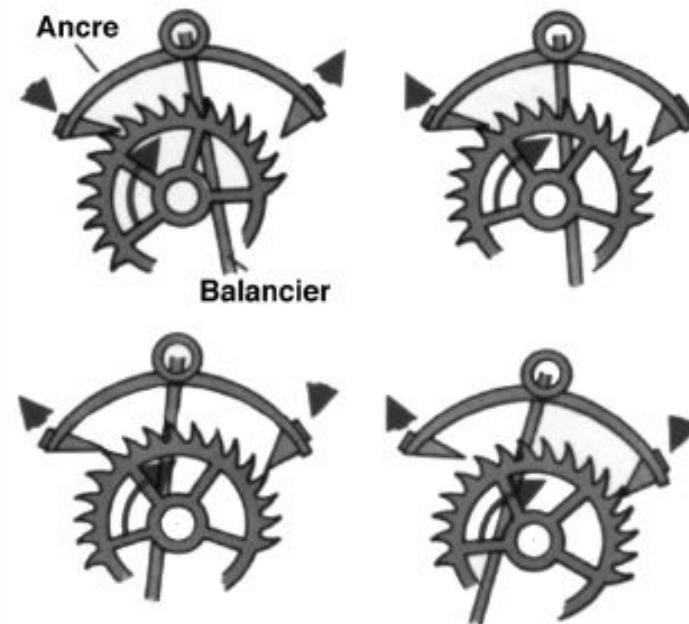
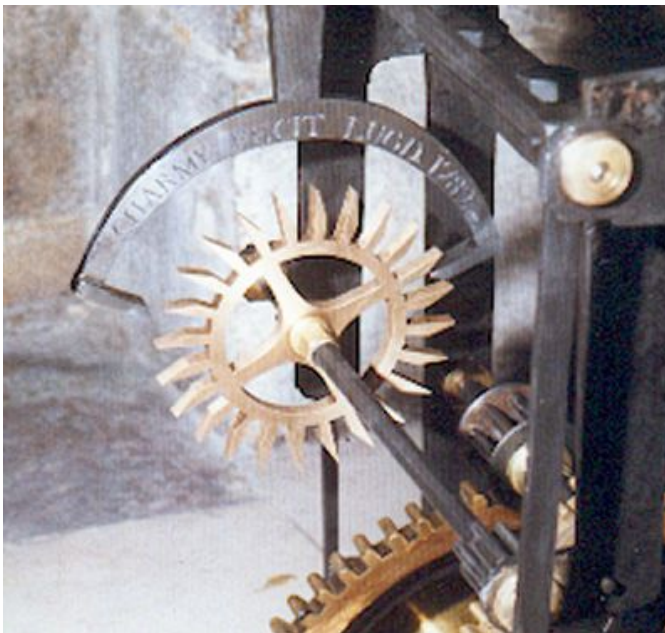
Orologio a pendolo con scappamento ad ancora e bilanciere

**William Clement** (orologiaio),

- reclamato anche da:

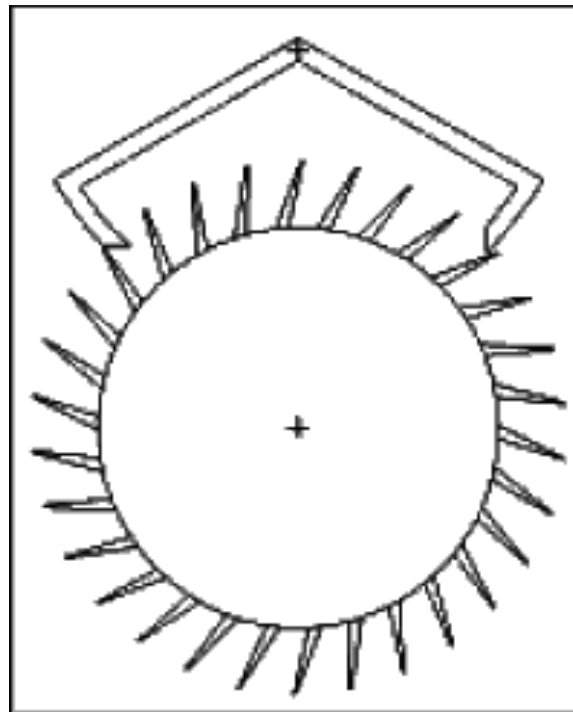
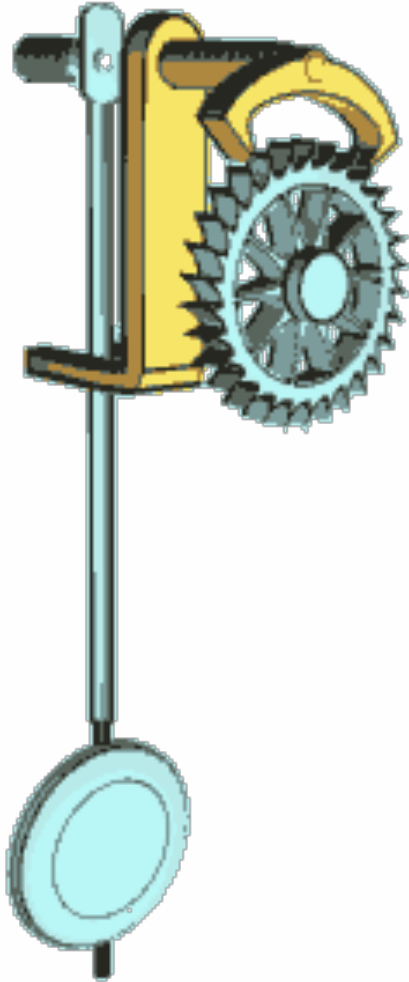
**Robert Hooke** (1635-1703, scienziato universale, fisico, tecnico, costruttore di strumenti)

- migliore dell'orologio di Huygens

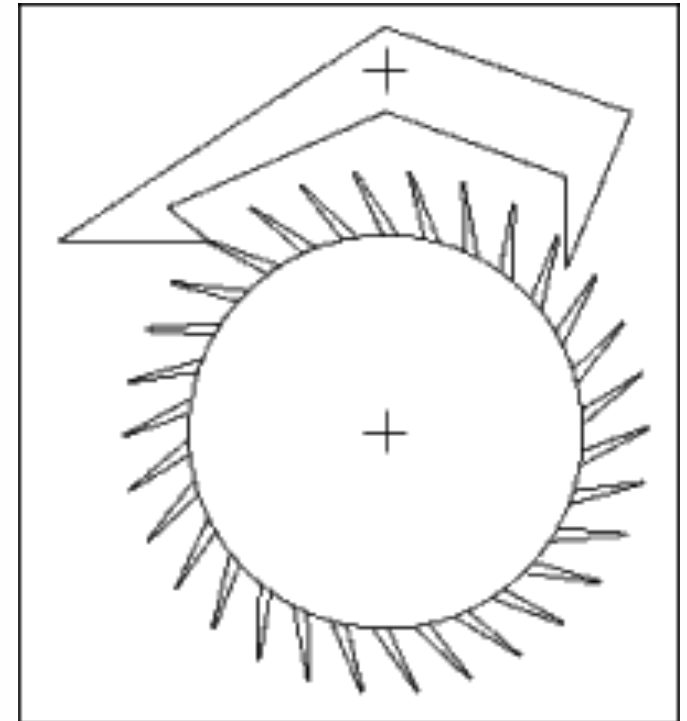




# Scappamento ad ancora e bilanciere



Graham



Clement

# 1673-74 - Olanda-Danimarca

1673: Orologio a pendolo perfezionato

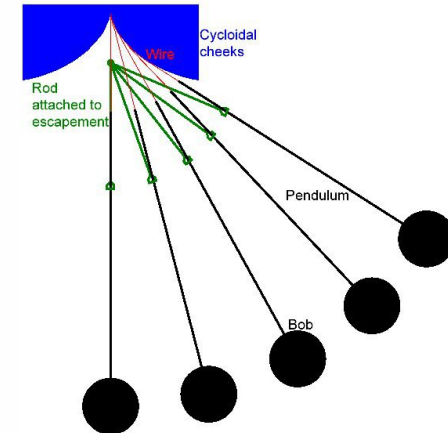
**Christiaan Huygens (1629-1695)**

- oscillazione su arco cicloide,
- ganasce cicloidali per isocronismo rigoroso (molto difficili da realizzare)

1674: Denti degli ingranaggi a profilo epicicloideale

**Ole Roemer (1644-1710)**

- astronomo
- primi studi scientifici sugli ingranaggi sofisticati, con minimo attrito
- per rendere sempre più precisa la meccanica degli orologi
- uso generalizzato in orologeria (e qui solo)
- studi contemporanei di Huygens (1674)
- e successivi di Phillipe de La Hire (1694), Camus (1735) e Euler (1754-55)
- Roemer: Prima valutazioni della velocità della luce



# 1675 – Olanda-Inghilterra

Molla a spirale di nastro d'acciaio, usata per azionare il bilanciere

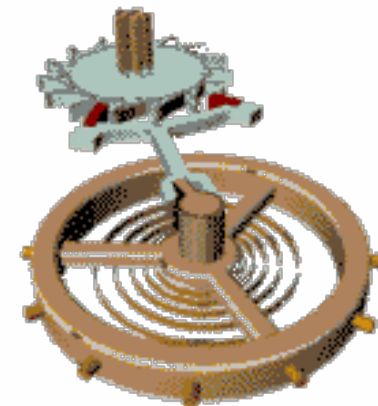
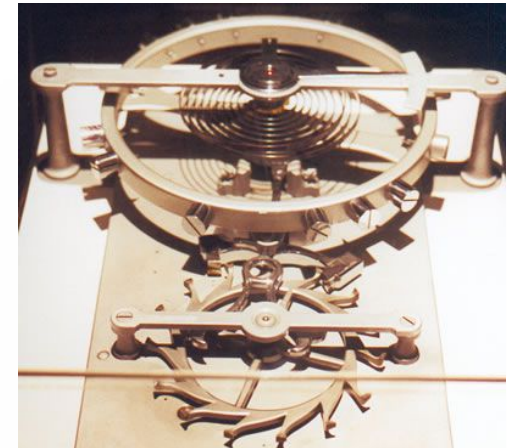
**Christian Huygens** (1629-1695)

reclamata anche da

**Robert Hooke** (1635-1703)

nel 1660 aveva scoperto la legge dell'elasticità

- mostrata qui con scappamento a leva (1750)
- apre una nuova era per gli orologi portabili, con bilanciere a molla, e garantisce maggior precisione
- porta l'adozione della **lancetta dei minuti**, specialmente ad opera di **Thomas Tompion** (1639-1713), amico di Hooke

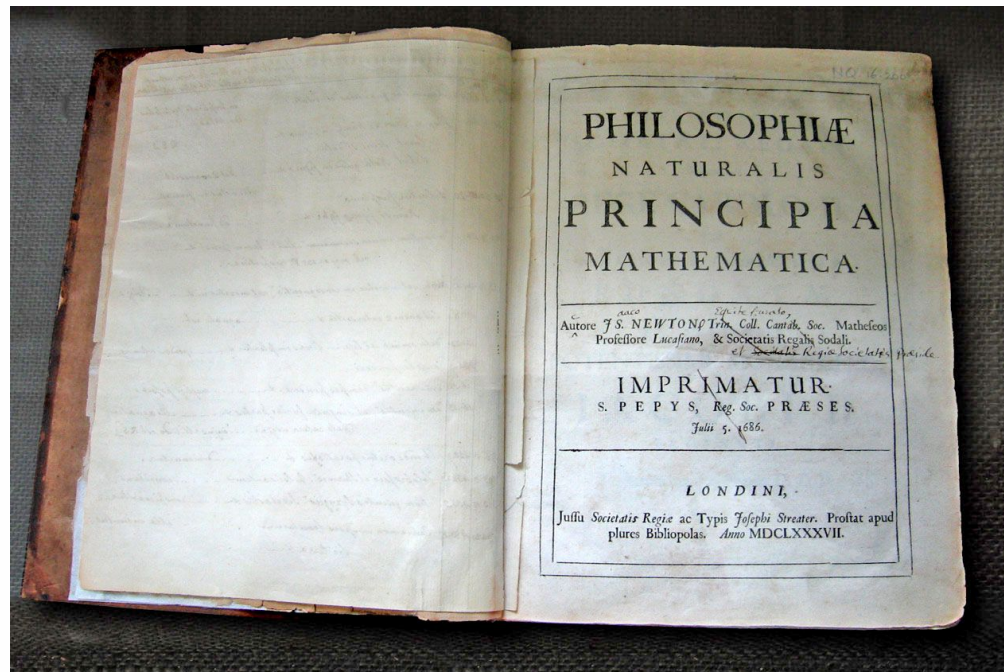
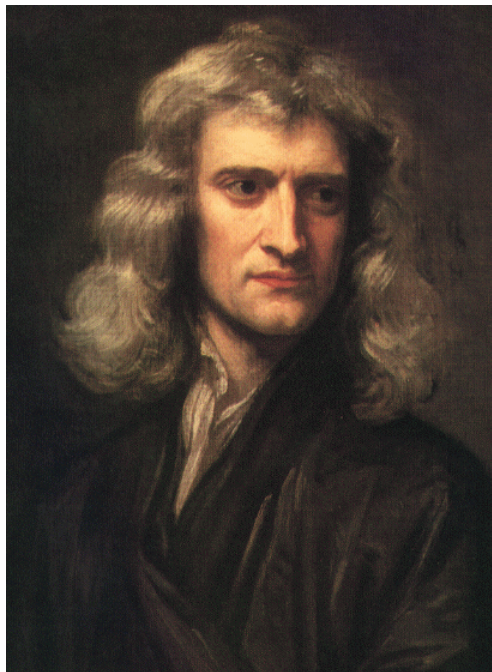


# 1665 - Inghilterra

Gravitazione universale

**Isaac Newton (1642-1727)**

- concepisce il calcolo differenziale ed integrale, introduce il concetto di gravità
- prime indagini - i *Principia Mathematica* sono del 1686
- visione meccanicistica unificata del mondo e dell'intero universo



# 1668 - Inghilterra

Telescopio riflettore (a specchio)

**Isaac Newton** (1642-1727)

- In seguito a studi ottici, eseguiti col prisma sullo spettro luminoso
- Volto ad evitare i problemi di aberrazione cromatica che affliggevano il telescopio a rifrazione

Evoluzione:

- **John Short** (1710-1768)  
~1740 specchio parabolico  
(fuoco unico per tutti i raggi)



# 1674 – Italia-Olanda

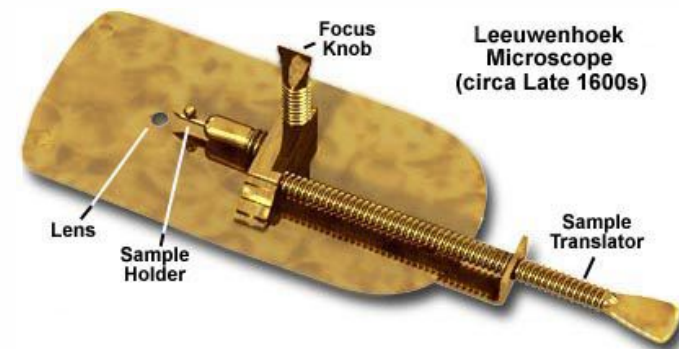
1661: indagine scientifica microscopica

**Marcello Malpighi (1628–1694)**

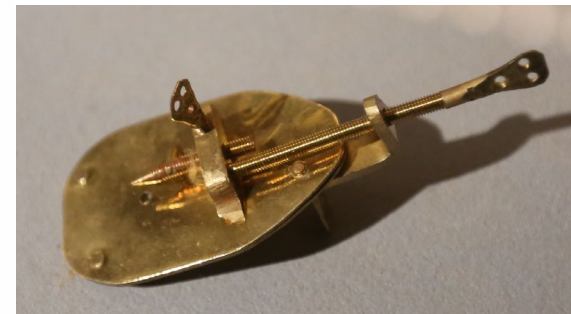
1674: Microscopio a lente singola

**Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723)**

- mercante di tessuti che usa le lenti per contare i fili di trama ed ordito
- usa una lente a piccolissima distanza focale (~1 mm: difficile da molare)
- Nascita della microbiologia
  - Scoperta delle cellule, dei batteri, protozoi, spermatozoi, ....



Leeuwenhoek  
Microscope  
(circa Late 1600s)



# 1680 - Olanda-Francia



**Christiaan Huygens (1629–1695),  
assistito da Denis Papin (1647–1713)**

Archetipo di motore a scoppio, a polvere pirica

- sfrutta il vuoto creato dall'esplosione, ma funziona male

# 1680 Francia

Pentola a pressione - *Digesteur*

**Denis Papin (1647-1713)**

- dotata di valvola di sicurezza a contrappeso





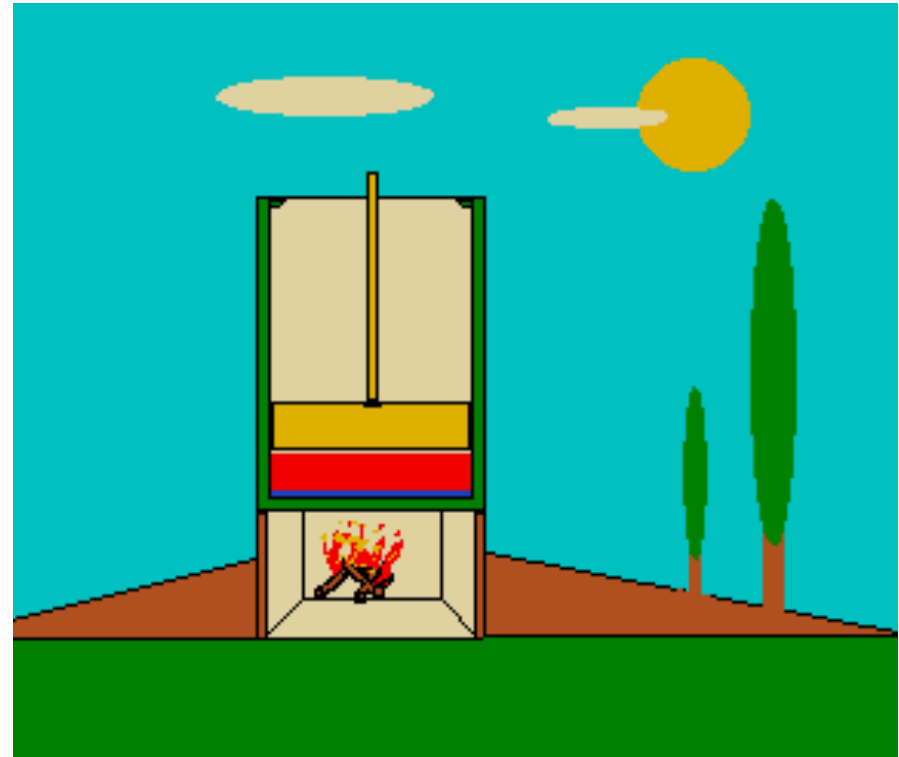
# 1690 Francia - Europa

Macchina a vapore rudimentale  
(priva di seguito industriale)

## Denis Papin (1647-1713)

- ora professore di matematica all'università di Marburgo
- dotata di **pistone**, che la rende una macchina
- il vapore solleva il pistone
- bloccato da dente d'arresto
- cilindro, caldaia e condensatore sono riuniti in un unico componente

1705: costruisce una macchina a vapore a pistone, che usa per muovere un battello - senza sviluppi



# 1688 - Inghilterra

## Glorious Revolution:

- incruenta
- investitura dal parlamento (kingmaker)
- monarchia a sovranità limitata
- assunzione di potere da parte del parlamento e della borghesia
- superamento dei vincoli feudali
- presupposti politici dello sviluppo borghese, prima commerciale e poi industriale

benefici recepiti anche nelle colonie americane



# ~1700 - Europa centro settentrionale

Rivoluzione finanziaria:

- Diffusione delle borse-valori
- Comparsa di banche pubbliche negli stati nazionali
- Calo dei tassi di interesse, facile e veloce accesso ai capitali
  - come nelle città stato italiane nel XV secolo
  - condizioni fondamentali per lo sviluppo tecnico-industriale borghese

In particolare in Inghilterra, dopo la Rivoluzione Gloriosa

1694: banca d'Inghilterra

- in circa trent'anni il tasso di interesse cala dal 14% al 3% e i capitali divengono rapidamente negoziabili
- le risorse finanziarie permetteranno di sostituire gli operai con macchine e di automatizzare i processi produttivi
- e di usare tecnologia efficiente per rispondere a un mercato in espansione

# 1698 - Inghilterra

Diventa sempre più pressante un problema idraulico:  
il sollevamento dell'acqua in miniera

- Anche qui problemi di prosciugamento di miniere (carbone, ferro)
  - derivante dall'esigenza di sfruttamento in profondità dei filoni minerari
  - ma la gestione dell'acqua serve anche per:
    - irrigazione agricola,
    - distribuzione a fini civili in città

# 1652 - India e Oriente

## Taj Mahal

- Uno dei capolavori dell'architettura di ogni tempo
- progettato dal persiano Ustad Ahmad Lahouri
- voluto dall'imperatore moghul Shah Jehan
- come mausoleo della amatissima moglie



Fioritura della creatività scientifico-artistica e architettonica nelle culture islamiche orientali: Moghul (India settentrionale), Safawidi (Persia), Ottomani (Turchia - la Moschea Blu di Istanbul è del 1609)